

Möjligheter att minska kväveutlakningen genom att anpassa kvävegödslingen till variationer inom stråsädesfält

Possibilities to reduce nitrogen leaching by adjusting nitrogen fertilization to variations within cereal fields

Cecilia Nilsson



Kandidatuppsats i biologi

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

Cecilia Nilsson

Möjligheter att minska kväveutlakningen genom att anpassa kvävegödslingen till variationer inom stråsädesfält
Possibilities to reduce nitrogen leaching by adjusting nitrogen fertilization to variations within cereal fields

Handledare: Sofia Delin, institutionen för mark och miljö, SLU
Examinator: Bo Stenberg, institutionen för mark och miljö, SLU
EX0418, Självständigt arbete i biologi, 15 hp, Grund C (G2E)

Institutionen för mark och miljö, SLU, Examensarbeten 2010:04
Uppsala 2010

Nyckelord: Kväveutlakning, platsspecifik gödsling, precisionsodling, miljöeffekt

Omslag: foto författaren

Abstract

Due to excess precipitation that cause runoff, all soils in Sweden naturally leaches nitrogen. High leaching from arable land is an environmental problem when the runoff reaches waters. In the international agreement, *Baltic Sea Action Plan*, the aim is to reduce the runoff of nutrients. Sweden has agreed to reduce its load of e.g. nitrogen to the Baltic Sea. One of the proposed measures is an increased use of site-specific N-fertilization, which has been shown to increase nitrogen use efficiency and therefore also reduce the nitrogen runoff. Either yields are increased with the same total amount of nitrogen, or the total quantity of nitrogen is reduced with preserved yield levels, which is profitable for the farmers.

The dynamics of nitrogen leaching differs between top dressing applications above or below the economical optimum. There is a consensus about a difference in the dynamics, but not about its magnitude. The curve that describes the leaching is steeper above optimum levels which lead to an increased leaching. Therefore it is important to achieve an optimal application, but that is not easily done when optimum can vary greatly between years, between fields and within fields due to differences in clay and organic matter content, topography and the history of cultivation.

The objective of the present work is to review the possibilities to reduce nitrogen leaching by adjusting the nitrogen fertilizer rates according to variations within fields cropped with cereals.

Calculations of the differences in leaching between uniform applications and site-specific ones were done with the leaching model used in the application STANK in MIND developed for advisors by the Swedish Board of Agriculture. Clay content and different degrees of within-field variation in nitrogen fertilizer demand over the fields are factors that among others affect the reduction in leaching, and were therefore accounted for in the calculations. The results showed that the reduction in leaching by using site-specific N-fertilization, with an average optimum rate of 100 kg N/ha, varied between 0,5-3,8 kg N/ha for a sandy soil (< 5 % clay) and 0,2-1,6 kg N/ha for a soil with high clay content (>40 %) due different degrees of within-field variation. The highest reduction in leaching is reached from adjusting the fertilization to the field average demand, but adjusting it site-specifically within the field will reduce the leaching further. The first step should be to obtain the correct average level, but site specific fertilization may be a good way to do this.

The results imply that increased knowledge of within field variations by means of site-specific N-fertilization is profitable for both the famers and the environment.

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
2	Bakgrund	8
2.1	Kvävets miljöpåverkan.....	8
2.2	Svårigheten att bestämma gödslingsbehov	8
2.3	Platsspecifik gödsling och kväveutlakning i litteraturen	9
2.4	Hur påverkas utlakningen av gödsling i förhållande till optimum?	11
2.4.1	STANK in MIND	13
2.5	Hur mycket varierar kvävegödslingsbehovet inom enskilda fält?.....	15
2.6	Hur kan kvävegödslingsbehovet förutsägas?	16
2.6.1	Yara N-sensor	16
2.6.2	Andra metoder för att förutsäga kvävegödslingsbehovet	17
3	Material och metod	19
3.1	Översiktligt om beräkningarna	19
3.2	Utlakningskurvor och Kf-värden.....	20
3.3	Variationer i exemplen	21
4	Resultat	23
4.1	Utlakning i de olika fördelningarna.....	23
4.2	Utlakning vid 10 kg N/ha högre homogen medelgiva	24
5	Diskussion	26
	Litteraturlista	30
	Acknowledgement	33

1 Inledning

All svensk mark lakas ut på kväve vare sig den är odlad eller inte. Detta beror på att vi har ett vattenöverskott där särskilt anjoner lakas ur marken, bland dem nitrat. I marken sker mineralisering av organiskt kväve där mikroorganismer omvandlar det organiska kvävet till ammonium och vidare till nitrat som då kan lakas ut. Till-sats av mer kväve kommer att öka risken för utlakning, vare sig det tillförs i organisk eller i mineralform, så länge det inte finns något som kan ta upp kvävet. Därför är det viktigt att tillföra rätt mängd kväve, vid rätt tidpunkt till något som klarar av att ta upp det. På så sätt minimeras utlakningsrisken.

I många studier av platsspecifik gödsling har en ökad kväveeffektivitet uppmätts och det har konstaterats att kväveläckaget därför bör minska (Söderström m.fl., 2004; Griepentrog & Kyhn, 2000; Khosla m.fl., 2002). Det beror just på att gödslingen anpassas till hur mycket kväve grödan behöver och variationen i hur mycket kväve marken klarar av att leverera.

Syftet med denna uppsats är att titta på möjligheter att minska kväveutlakningen genom att anpassa kvävegödsling till variationer i grödans behov inom stråsådesfält. Detta sker genom en litteraturstudie och egna beräkningar där skillnaden mellan en homogen- och platsspecifik gödsling vid ekonomiskt optimum tas fram. Dessutom jämförs platsspecifik gödsling vid ekonomiskt optimum med homogen giva som ligger 10 kg N per ha över ekonomiskt optimum, då platsspecifik gödsling i vissa fall kan tänkas medföra en sänkning av medelgivan. För beräkningarna används kalkylprogrammet STANK in MIND där några scenarier med olika grad av inomfältvariation i kvävebehov och jordart undersöks.

2 Bakgrund

2.1 Kvävet miljöpåverkan

Länderna kring Östersjön har i ett gemensamt projekt, *Baltic Sea Action Plan*, bestämt sig för att minska utsläppen till Östersjön som idag inte håller en särskilt hög ekologisk status. För att nå de uppsatta målen har länderna fått olika betingelser ska uppnå. Sverige har än så länge inte lyckats lösa hela sitt betingelse för minskning av kväveläckage till Östersjön. Två av de föreslagna åtgärder som ska minska läckaget är ytterligare information till lantbrukare och teknik för bättre anpassning av kvävegödslingen (Naturvårdsverket, 2009b). Sveriges betingelse i *Baltic Sea Action Plan* går hand i hand med det egna nationella miljökvalitetsmålet *Ingen övergödning*. Ett av delmålen är att minska flödet av vattenburet kväve till haven söder om Ålands hav med 30 % från 1995 års nivå till 2010. Delmålet tros kunna uppnås om fler insatser görs, till exempel så har informationskampanjer som Greppa Näringen hjälpt till att minska jordbrukets del av utsläppen (Naturvårdsverket, 2009a).

En av orsakerna till att kväveutlakningen måste minskas är att förhöjda kvävenivåer i vattenmiljöer skapar algbloomingar som kan bli massiva. Den kraftigt ökade biomassan ska sedan brytas ned vilket medför att bottenarna blir syrefria och dör vilket då påverkar det marina ekosystemet. Historiskt sett har tillförseln av kväve till havet inte minskat under de 40 år mätningar har gjorts, vilket delvis beror på att vattenföringen har ökat (Naturvårdsverket, 2009a).

2.2 Svårigheten att bestämma gödslingsbehov

Det är oftast svårt att uppskatta den ekonomiskt optimala kvävegivan på förhand. Hänsyn ska tas till förväntad skörd, priser på insatsmedel och avsalugröda, och

framförallt hur vädret under säsongen påverkar markens kväve mineralisering efter gödsling och grödans upptag (Stenberg m.fl., 2009).

En stor genomgång har visat att väldigt många lantbrukare överskattar grödans behov och därför gödslar för mycket. Stenberg m.fl. (2009) gick igenom data från ett stort antal enskilda lantbrukars skiftet åren 2000-2004 med ett antal olika parametrar. Sammanställningen visade att det är en skillnad mellan Jordbruksverkets rekommenderade givor och vad som faktiskt gödslas. Data från bland annat knappt 90 000 ha med höstvet sammanställdes. Utifrån skörden har en rekommenderad giva räknats ut och jämförts med vad som gödslats. Resultaten visar att den aktuella gödslingen i medeltal var ca 30 kg N per ha mer än den rekommenderade. Även för malkorn och havre är den aktuella gödslingen högre än rekommenderad. Där det rör sig om ca 15 kg N per ha för mycket.

Genom att bättre kunna hitta den optimala kvävegivan med hjälpmedel som N-sensorn anger Frostgård & Gustafsson (2009) att medelgivorna kan sänkas för både växtodlingsgårdar och djurgårdar. Det med 10 kg N per ha respektive 20 kg N per ha, vilket angavs motsvara en minskning i kväveutlakning på 2 kg per ha respektive 4 kg per ha på lerjord och 3 kg per ha respektive 6 kg per ha på lätt jord.

Bara genom att använda rätt medelgiva på fältet kan alltså stora mängder gödsel sparas och därmed minskar även det utlakningsbara kvävet.

2.3 Platsspecifik gödsling och kväveutlakning i litteraturen

Målet med precisionsodling kan beskrivas som en förbättrad odlingsekonomi, ändamålsenlig kvalitet och minimal miljöbelastning. Än så länge vet man inte riktigt hur mycket platsspecifik gödsling kan minska miljöpåverkan, bara att den bör göra det i de fall den innebär ökad kväveeffektivitet. Detta har Bongiovanni & Lowenberg-Deboer (2004) tittat på i en litteraturstudie. Enligt den visar de flesta studier positiva resultat, endast två av studierna de refererar till visar inte på någon egentlig skillnad mellan platsspecifik gödsling och homogen. De flesta fall gällde majsodling i USA, men tre av studierna gällde stråsäd, varav två inom Europa. En av dem utfördes i norra Tyskland av Griepentrog & Kyhn (2000) där de studerade skillnaden mellan tillförd mängd kväve med platsspecifik och homogen gödsling i vete och korn. De undersökte om platsspecifik gödsling kunde höja skörden och/eller minska mängden tillförd kväve. Området Schleswig-Holstein, där de genomförde studien, är redan väldigt högavkastande så de kunde inte se någon skördeökning. Däremot kunde 36 % av det tillförda kvävet sparas in vid platsspe-

cifik gödsling med bibehållen skörd. Kväveeffektiviteten kan alltså ökas med platsspecifik gödsling och minska miljöpåverkan. Den andra studien utfördes i England där kväveutlakningen studerades med hjälp av en simulering i en växtföljd av vete, raps och soja (Leiva m.fl., 1997). En minskning av tillfört kväve med hjälp av platsspecifik gödsling konstaterades kunna bidra till att nå positiva miljöeffekter. Men de påpekade också att hur stora effekterna blir beror på hur precisionsodlingssystemet används, om det är för att maximera lönsamheten eller minimera miljöpåverkan. Bongiovanni & Lowenberg-Deboer (2004) konstaterar att det finns en begränsning i de studier de gått igenom då det är väldigt få som mätt direkta miljöfaktorer, utan de flesta har mätt indirekta faktorer som kan antas ge effekt på miljön. Senare studier visar mer eller mindre samma resultat.

Hong m.fl. (2006) har studerat en majs-vete-rotation i USA där de tittade på skillnaderna i grundvattenpåverkan, skörd och gödselanvändning mellan olika spridningsmetoder. Dessa var platsspecifik spridning med fjärranalys, homogen spridning med fjärranalys för att bestämma medelgiva och homogen spridning där givan bestämdes med god jordbrukarsed. För vetet kunde de se ett mindre kväveöverskott i leden där de använde sig av fjärranalys för att bestämma kvävegivan. Att ingen större skillnad kunde ses mellan fjärranalysleden kan bero på att optimum kunde bestämmas på ett bra sätt samt att inomfältvariationen inte var så stor.

Några som faktiskt börjat räknat på vad den platsspecifika gödslingen skulle kunna ha för betydelse är Delin & Eckersten (2005). De tittade på skillnaden i kväveutlakning mellan platsspecifik och homogen spridning av kvävegödselmedel i en simulering med SOIL och SOILN-modellen (Eckersten m.fl. 1998). De jämförde att sprida allt vid ekonomiskt optimum med att halva fältet fick 25 kg N per ha över ekonomiskt optimum och den andra halvan av fältet fick 25 kg N per ha under ekonomiskt optimum. Utlakningskurvan enligt denna version av SOILN-modellen liknade ett andragradspolynom och lutningen strax under ekonomiskt optimum var mycket lik den strax över. Utlakningsvinsten blev därför bara 0,7 kg N per ha.

Även Yara och Lantmännen har räknat på utlakningsvinsten med platsspecifik gödsling. Frostgård & Gustafsson (2009) beskriver hur de räknat på hur mycket kväve som kan sparas med N-sensorn. De har använt sig av en något modifierad version av utlakningsmodellen i STANK in MIND för beräkningarna, där kurvan är flackare under optimum. Djurgårdar har i beräkningen antagits ha en större variation i mullhalt än växtodlingsgårdar. Det beror på en varierad stallgödseltillförsel och nedplöjning, vilket ger en större variation i N-mineralisering och kvävebe-

hov. För en växtodlingsgård på lera fann de att 1 kg N per ha kan sparas i utlakning och för en djurgård på lätta och varierade jordar kan 2 kg N per ha sparas.

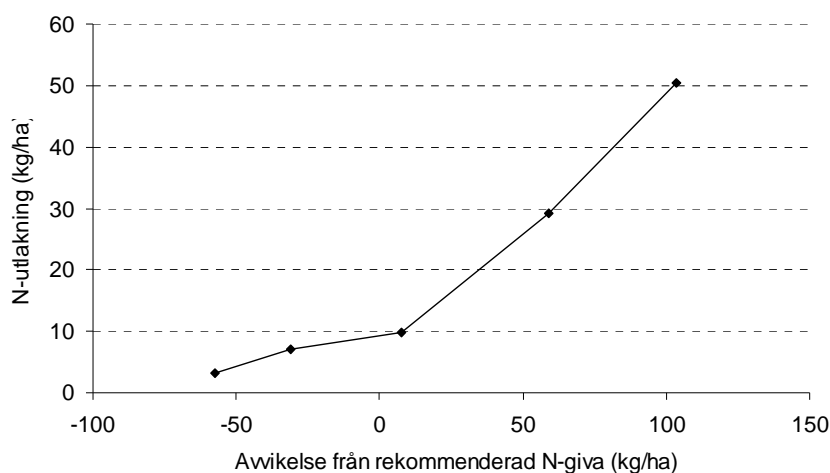
Det kan konstateras att få har satt siffror på hur mycket kväveutlakningen kan minskas med platsspecifik gödsling, men de som räknat på det anger en utlakningsvinst mellan 0,7 och 2 kg N per ha.

2.4 Hur påverkas utlakningen av gödsling i förhållande till optimum?

Ekonomiskt optimum räknas ut från skörderesponskurvor. När skördeökningen avtar till en viss nivå, där värdet på skördeökningen motsvarar kostnaden för det sist tillsatta kvävet, är det inte längre ekonomiskt lönsamt att öka kvävegivan (Mattson, 2006). När det sker beror på förhållandet mellan spannmåls- och gödselpriset, där priskvoten varierar runt 10.

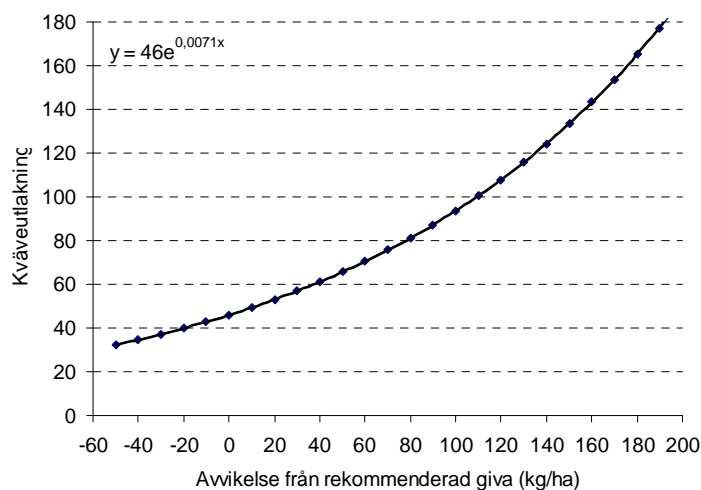
Ett antal olika modeller har tagits fram under årens lopp för att försöka beskriva hur utlakningen beror av gödslingen. Lord (1992) utvecklade en modell för att beräkna potentiell kväveutlakning som bygger på data som är relativt lätt att ta fram. De modeller som fanns innan byggde på data som var svåra att uppskatta och få fram. Beräkningar med modellen visar en brant linjär ökning av utlakning över optimum med en betydligt flackare linje under optimum, så att ett knä bildas på den annars linjära utlakningskurvan.

Omarbetad data från ett utlakningsförsök vid Lanna 1974-1983 (Bergström & Brink, 1986) visar på att det blir en betydligt högre utlakning vid över- än vid underoptimal kvävegiva (figur 1), liknande Lords modell. Försöket som ligger bakom deras resultat har fast liggande stigande kvävegivor från år till år oavsett gröda. När resultaten tolkas bör det därför beaktas att efterverkan av kvävegödslingen åren innan kan ha betydelse för utlakningen och att optimal kvävegiva det året inte låg på samma nivå. Detta innebär att utlakningskurvan under optimum kan luta något mer de år då optimum ligger högt och att det kan bli en kraftigare effekt på utlakningen för varje kg gödslat kväve än i en ettårig studie. I verkligheten kan det ju vara så att samma del av fältet har ett lägre optimum varje år, och att en homogen medelgödsling därför också får en ackumulerad effekt.



Figur 1. Medeltal av kväveutlakning i försök vid Lanna med olika gödslingsintensitet 1976-1982. Omarbetad data efter Bergström & Brink (1986).

En empirisk modell, baserad på danska försöks togs fram av Simmelsgaard & Djurhuus (1998). Den beskriver utlakningen med en exponentiell funktion som visas i figur 2. Även här visar utlakningen en större lutning över optimum än under. Försöken bakom denna funktion har till skillnad från Bergström och Brink utgått från vilken gröda som odlats olika år i syfte att ekonomiskt optimum hamnar i samma ruta under alla försöksår. Då denna ändå kan vara svår att förutsäga, kan ändå efterverkans effekter störa tolkningen av resultaten.



Figur 2. Exponentiell modell för sambandet mellan kväveutlakning och avvikelse från rekommenderad giva enligt Simmelsgaard & Djurhuus (1998).

Brenttrup m.fl. (2003) har med livscykelanalys (LCA) tittat på vilken miljöpåverkan kvävegödsling av höstveten har. De kunde konstatera att vid höga kvävegivor, dvs. över optimum, så ökade miljöindikatorn med 100-232% jämfört med lägre givor, där övergödning var den huvudsakliga anledningen till att miljöindikatorn steg så mycket. Det visar på samma mönster som övriga med svag lutning mot optimum och sedan en brantare lutning på utlakningskurvan. Preliminära resultat från en utlakningsstudie i havre på lätt jord (Delin, opubl.) visar också på en mycket flack kurva under ekonomiskt optimum (flackare än i STANK in MIND) och att utlakningen sedan ökar kraftigt med gödslingen (ungefär samma som i STANK in MIND) när denna inte längre genererar någon skördeökning. Resultaten visar också att restkvävmängder på hösten samvarierar med utlakningen. Detta ger stöd till att man kan dra slutsatser om utlakningens storlek från data över restkvävmängder från kvävegödslingsförsök. Gruvaeus (2008) sammanställde sådana data från ett stort antal försök och fann att restkvävmängderna ökade linjärt med stigande kvävegiva vid nivåer över ekonomiskt optimum, medan motsvarande kurva hade mycket svag lutning under ekonomiskt optimum.

Den genomgångna litteraturen visar alltså på att överoptimala givor läcker mer kväve än vad underoptimala sparar. Men det finns en skillnad mellan hur mycket mer som läcker vid överoptimal giva och hur mycket som sparas vid underoptimal giva.

2.4.1 STANK in MIND

Utlakningsmodellen som används i kalkylprogrammet STANK in MIND beskrivs utförligt av Aronsson & Torstensson (2004). Modellen bygger till stor del på data och erfarenheter från svenska utlakningsförsök när det gäller att värdera olika odlingsfaktorerers inverkan på utlakningen av kväve. För uppskattning av kväveläckagegets generella nivå från olika jordtyper och i olika regioner används data från de nationella belastningsberäkningarna för Sverige, som tagits fram med modellen SOILNDB (Johnsson m.fl., 1987).

Till den naturliga s.k. grundutlakningen som vi inte kan påverka läggs risken för utlakning utifrån hur olika odlingsåtgärder bedöms påverka. En av dessa åtgärder är gödselgiva i förhållande till grödans behov. Med behov menas i modellen den giva som rekommenderas enligt Jordbruksverkets riktlinjer (Jordbruksverket, 2009) för en viss erhållen skördenivå. Denna tar dock inte hänsyn till skillnader i kväveminaliseringen mellan och inom fältet (Wetterlind & Krijger, 2010). Rekommendationerna förutsätter alltså att alla fält med en viss förfrukt och med eller utan stallgödsel i en viss region i Sverige har samma kväveminalisering.

I de första stegen i beräkningen görs en bedömning av hur stort eventuellt överskott av kväve blir då man jämför grödans behov med den gödselgiva som använts. Hur stor andel av detta överskott som sedan utlakas beräknas med hjälp av en utlakningsfaktor (Kf). Kf är uppsakttad från faktiska mätdata men också från logiskt tänkande och erfarenheter. Utlakningen skiljer sig mellan olika jordarter varför man har angivit olika grundvärden för Kf (tabell 1) som beskriver en medelsituation. Nederbörd och temperatur påverkar också utlakningen. I STANK in MIND kan man därför välja aktuell kommun så att Kf-värdet justeras efter årsmedeltemperatur och medeltemperatur i just den kommunen. En kommun med hög nederbörd och hög klimatfaktor får då en högre utlakningsfaktor.

Tabell 1. Grundvärden för utlakningsfaktorn utifrån olika lerhalter

	< 5 % ler	5-15% ler	15-25% ler	25-40% ler	>40% ler
Utlakningsfaktor, Kf	0,30	0,28	0,26	0,18	0,13

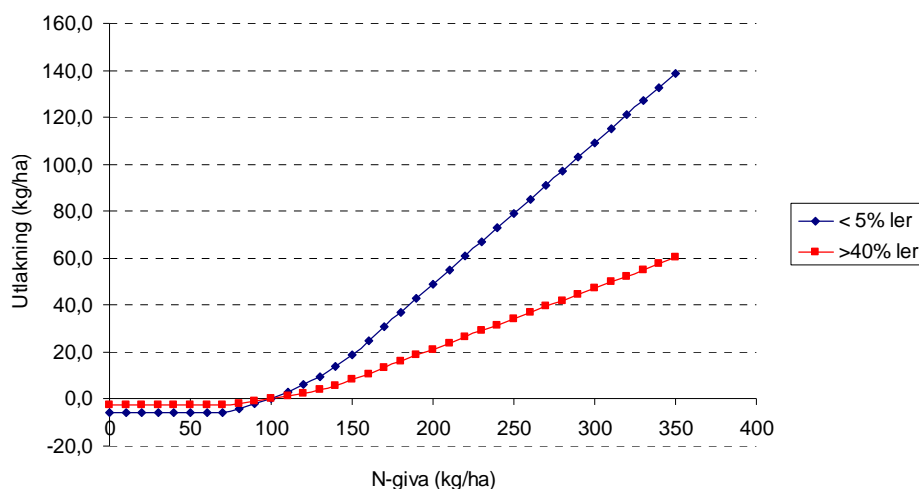
Effekten av under- och överoptimala givor beräknas med justerade Kf (tabell 2) för olika intervall. Detta har valts av Jordbruksverket för att hantera det på ett stabilt och pedagogiskt sätt. Resultatet blir en flackare kurva vid underoptimal giva och en betydligt brantare kurva vid överoptimal giva. Skillnaden precis runt ekonomiskt optimum är dock inte enorm, även om den är större än enligt exempelvis Simmelsgaard och Djurhuus (1998). En flackare lutning precis under optimum (Delin, opubl.) kan också vara ett alternativ.

Justeringen för det första avvikelseintervallet (tabell 2) är i procent och det gör att utlakningen i det intervallet skiljer sig vid olika givor. En hög medelgiva kommer att ge lägre utlakning för intervallet samtidigt som en längre del av utlakningskurvan under optimum påverkas. En låg medelgiva ger då motsatt effekt med en inte lika låg utlakning under optimum och en kortare del av utlakningskurvan under optimum påverkas.

Tabell 2. Justering av Kf vid de olika avvikelseintervallerna från optimal giva

Avvikelse	-30 – 0 %	0 – 20 kg	20 – 30 kg	30 – 40 kg	40 – 50 kg	>50 kg
Justering av Kf	65 %	100 %	120 %	140 %	170 %	200 %

Utlakningskurvan blir alltså olika för olika betingelser. I figur 3 kan skillnaden ses mellan utlakningen från en lätt jord och en styv lera.



Figur 3. Utläkning vid optimal giva på 100 kg N per ha, grundutlakningen 0 kg N per ha, för en lätt jord och en styv lera.

2.5 Hur mycket varierar kvävegödslingsbehovet inom enskilda fält?

Hur mycket kväve marken kan leverera och hur mycket av det som växten kan ta upp bestämmer hur mycket kväve som måste tillföras med gödsel för att fylla grödans hela behov. Ju mer kväve marken kan leverera desto mindre behöver tillföras för att nå målskörden (Delin, 2005), så länge inga andra faktorer begränsar. Skördevariationerna inom ett fält kan variera från mycket lite upp till flera tusen kilo kärna per hektar (Delin, 2005; Griepentrog & Kyhn, 2000).

Algerbo m.fl. (2000) har i ett försök sett att mineralkvävemängden och mängden upptaget kväve varierade mycket inom ett försöksfält utanför Uppsala. Variationen var inte normalfördelad utan vissa värden avvek mycket, där fördelningarna genomgående var förskjutna åt höger. Standardavvikelserna för alven och matjordens kväve mineralisering varierade från 7-25 kg N per ha under de tre åren. Beräkningar av en enkel kvävebalans genomfördes och visade på både positiva och negativa värden, det vill säga att en del av fältet fick för lite kväve och andra delar för mycket. Andra som också observerat stora variationer är Delin & Lindén (2002) som i en treårig fältstudie såg att kväve mineraliseringen kan variera väldigt mycket, både inom fältet och mellan år. Inomfältsvariationerna kunde delvis förklaras av skillnader i mull- och lerhalt där markfuktigheten är en faktor som påverkar mellanårsvariationen. Kväve mineraliseringen under de tre åren varierade i medeltal från 39-113 kg N per ha med ett medelvärde på 77 kg N per ha och standardavvikelsen 20 kg N per ha. I en annan treårig undersökning (Wetterlind m.fl.,

2007) visades liknande variationer inom fältet, med standardavvikelser från 19-41 kg N per ha från tre olika fält samt under tre olika år.

Kväveutlakning beroende på kvävegödsling och olika växtföljder studerades på två sandiga jordar i Tyskland (Köhler, 2006). På platserna uppmättes kvävemine-raliseringen och de visade på stor variation mellan inomfältsvariationen med stan-dardavvikelser på 8,2 kg N per ha respektive 42,6 kg N per ha.

Ytterligare ett sätt att mäta inomfältsvariationen är med hjälp av sensorer. Stati-stik från N-sensorkörningar år 2002 från 135 slumpmässigt valda fält har samman-ställts av Söderström m.fl. (2004). N-sensorns bedömning av grödans behov kan begränsas om lantbrukaren är försiktig av sig och därför väljer att begränsa inter-vallet som gödslingen kan variera inom. Försiktigheten kan då ha minskat stan-dardavvikelsen. Sammanställningen visar att det bedömda kvävebehovet på de fälten har en standardavvikelse på 11 kg N per ha.

Kvävegödslingsbehovet kan alltså variera mycket mellan fält och år. Enligt genomgången litteratur har variationer i standardavvikelsen uppmätts mellan 7 och 43 kg N per ha.

2.6 Hur kan kvävegödslingsbehovet förutsägas?

2.6.1 Yara N-sensor

Yara N-sensor är utvecklad för att kunna styra kompletteringsgivor efter grödans varierade kvävebehov. Detta sker genom att den traktorburna sensorn registrerar reflekterat ljus i olika våglängder från grödan med hjälp av en spektrofotometer, vilket den kan relatera till ett visst kvävegödslingsbehov (Söderström m.fl. 2004). N-sensormätningar i flaggbladsstadiet har, i en försöksserie där markens kvävele-vererande förmåga mättes med N-sensor, visats ha en bra överensstämmelse med markens kväveinnehåll. I tidigare utvecklingsstadier var sambanden däremot sva-ga (Wetterlind, 2010).

N-sensorn måste kalibreras för att ha något att relatera till. Det görs vanligtvis genom att lantbrukaren bestämmer kvävebehovet för ett område, efter egen erfa-renhet eller med hjälp av t.ex. en kalksalpetermätare. N-sensorn skannar samma område och använder det som referensvärde (Söderström m.fl. 2004). N-sensorn kan även begränsas i hur mycket den varierar givan genom att sätta ett max- och minimumvärde (Samborski, 2009).

Gödsling med N-sensorn ställer höga kunskapskrav på personen som kör efter-som sensorn ser alla bristsymptom som kvävebrist, även om bristen egentligen

kanske beror på svavel-, mangan- eller vattenbrist (Söderström m.fl., 2004). Förelaren måste också kunna förutse platser i fältet där N-sensorn kan få svårt att göra en korrekt bedömning av kvävebehovet och själv justera till en rimligare giva. Det kan t.ex. vara fallet i ett luckigt bestånd med mycket ogräs.

Det har konstaterats av bland annat Larsolle & Hansson (2008) att platsspecifik gödsling ökar lönsamheten. De har jämfört lönsamheten mellan platsspecifik och konventionell gödsling med hjälp av en modifierad version av en tidigare utvärderad simuleringsmodell. I deras simulering gav N-sensorn en skördeökning kring 3 %, vilken överensstämmer med siffran på 3,1 % skördeökning som Precisionsodling Sverige (n.d.) använder sig av i en N-sensor kalkyl (Nissen, n.d.), vilket är medelskördeökningen i 186 försök. Högre inomfältvariation ger en högre skörd med N-sensorn. Detta förutsatt att den klarar av att hålla rätt position och applicera rätt mängd gödsel, annars minskar den potentiella merskörden (Larsolle & Hansson, 2008). Även Godwin (2002) konstaterar att felaktigheter i gödselappliceringen och andra faktorer som t.ex. dålig dränering kan ta ut den potentiella vinsten. Hur stor investering som kan göras beror mycket på hur stor arealen är, upp mot 200-300 hektar krävs för att ett avancerat system som N-sensorn ska löna sig (Godwin, 2002; Frostgård, 2009).

2.6.2 Andra metoder för att förutsäga kvävegödslingsbehovet

Det finns många metoder att bedöma kvävegödslingsbehov med. Men det är få metoder som lämpar sig så bra som N-sensorn för att bedöma platsspecifikt behov inom enskilda fält. Kalksalpetermätare och nitratsticka, ger svar direkt i fält (Lindgren, 1998), vilket är en fördel jämfört med att skicka iväg jord och växt till labb. Men det är fortfarande arbetsintensivt om flera olika platser på fältet ska provtas.

Mätningar med NIR-teknik (Nära Infraröd Reflektans) kan förutsäga mullhalt och kvävemineraliseringsförmåga där NIR är snabbare och billigare än traditionell markkartering. Idag används tekniken i huvudsak i forskningsprojekt där analysen görs på labb för att ta fram kalibreringsmodeller som kan förutsäga kvävemineraliseringen, men det finns potential för utveckling av direkt mätning i fält. Nackdelen med NIR är att tekniken har svårt att bestämma kvävemineraliseringsförmågan där den beror på annat än variationer i mull- och lerhalt (Wetterlind m.fl., 2007). Andra metoder som också fungerar bra för att se skillnader i fält är marksensorer som EM38 (Geonics) vilken mäter markens elektriska ledningsförmåga och mullvaden (The Soil Company) som kan göra detaljerade jordartskartor över enskilda fält med hjälp av gammastrålning, samt fjärranalys med hjälp av satelliter eller

flyg. Fjärranalysen ger i princip samma information som N-sensorn, men det är svårare att ha kontroll på datainsamlandet (Lundström, 2000) och gödseln kan inte spridas samtidigt, vilket kan göras med N-sensorn.

Odlingszoner kan skapas utifrån en kombination av skördekartor och markkartor som indikerar var det behövs mer eller mindre kväve. Eftersom en del av inomfältvariationen återkommer mellan år och kan förklaras av jordens variation, såsom mullhalt, lerhalt och topografi (Delin, 2005).

3 Material och metod

3.1 Översiktligt om beräkningarna

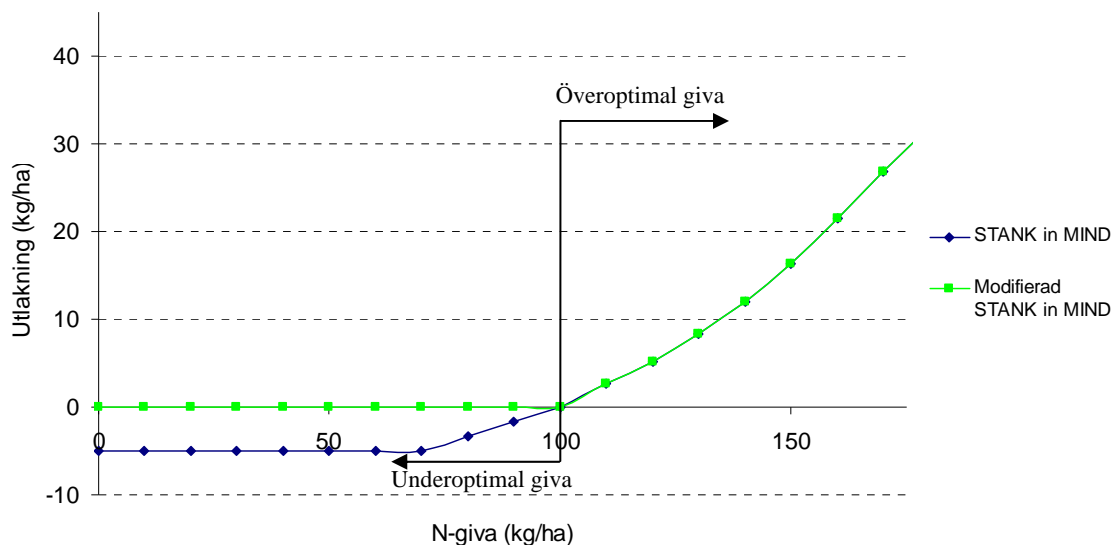
I beräkningarna av utlakningsskillnaden mellan en homogen och en platsspecifik kvävegiva användes utlakningsmodellen i STANK in MIND (Aronsson & Torstensson, 2004). Vid beräkningarna sattes grundutlakningen till 0 då den inte påverkar utlakningsskillnaden och för att kunna jämföra mellan olika fördelningar. Utlakningen vid rekommenderad giva på 100 kg N per ha är i modellen satt till 0 och avvikelserna från medelgivan vid homogen spridning sattes i intervaller av 10 kg N, från -60 kg till +60 kg N. För beräkningen med en ökning av kvävegivan med 10 kg N per ha så försköts fördelningen med ett intervall till höger, vilket motsvarar en ökning på 10 kg N per ha för den homogena givan. Skillnaden visar då utlakningsvinsten mellan en högre homogen giva och optimal platsspecifik giva. Utifrån det räknades utlakningsskillnaden för varje avvikelse ut och summerades för hela fördelningen för att ge fördelningens totala utlakningsvinst (tabell 3).

Tabell 3. Exempel på hur utlakningsvinsten har beräknats för en fördelning, där fördelningens andel har multiplicerats med utlakningen från STANK in MIND

Avvikelse från ekonomiskt optimal gödslingsgiva vid homogen gödsling (kg N/ha)	Avvikelse i utlakning jämfört med optimal gödsling (kg N/ha)	Andel av arealen (%)	Delsumma för beräkning av total utlakningsvinst (kg N/ha)
-50	-5,85	0 %	0
-40	-5,85	2,5 %	-0,15
-30	-5,85	5,0 %	-0,29
-20	-3,9	10,0%	-0,39
-10	-1,95	20,0%	-0,39
0	0	25,0%	0
10	3,0	20,0%	0,60
20	6,0	10,0%	0,60
30	9,6	5,0 %	0,48
40	13,8	2,5 %	0,35
50	18,9	0 %	0
Summa utlakningsvinst:			0,81

3.2 Utlakningskurvor och Kf-värden

Utlakningen räknades ut dels med den vanliga STANK in MIND-modellen och med en modifierad STANK in MIND-modell där utlakningen endast antas påverkas av överoptimala givor (figur 4). Med dessa kurvor bestämdes dels hur mycket utlakningen kan sänkas med platsspecifik gödsling p.g.a. minskad gödsling på fältdelar som annars gödslats överoptimalt och dels beräknas hur mycket detta kompenseras av en eventuell ökad utlakning på de fältdelar där givan istället höjs vid platsspecifik gödsling. För beräkning av utlakningsskillnaden i de olika lerhaltsklasserna användes grundvärdena för utlakningsfaktorn (tabell 1) för att beskriva en medelsituation.

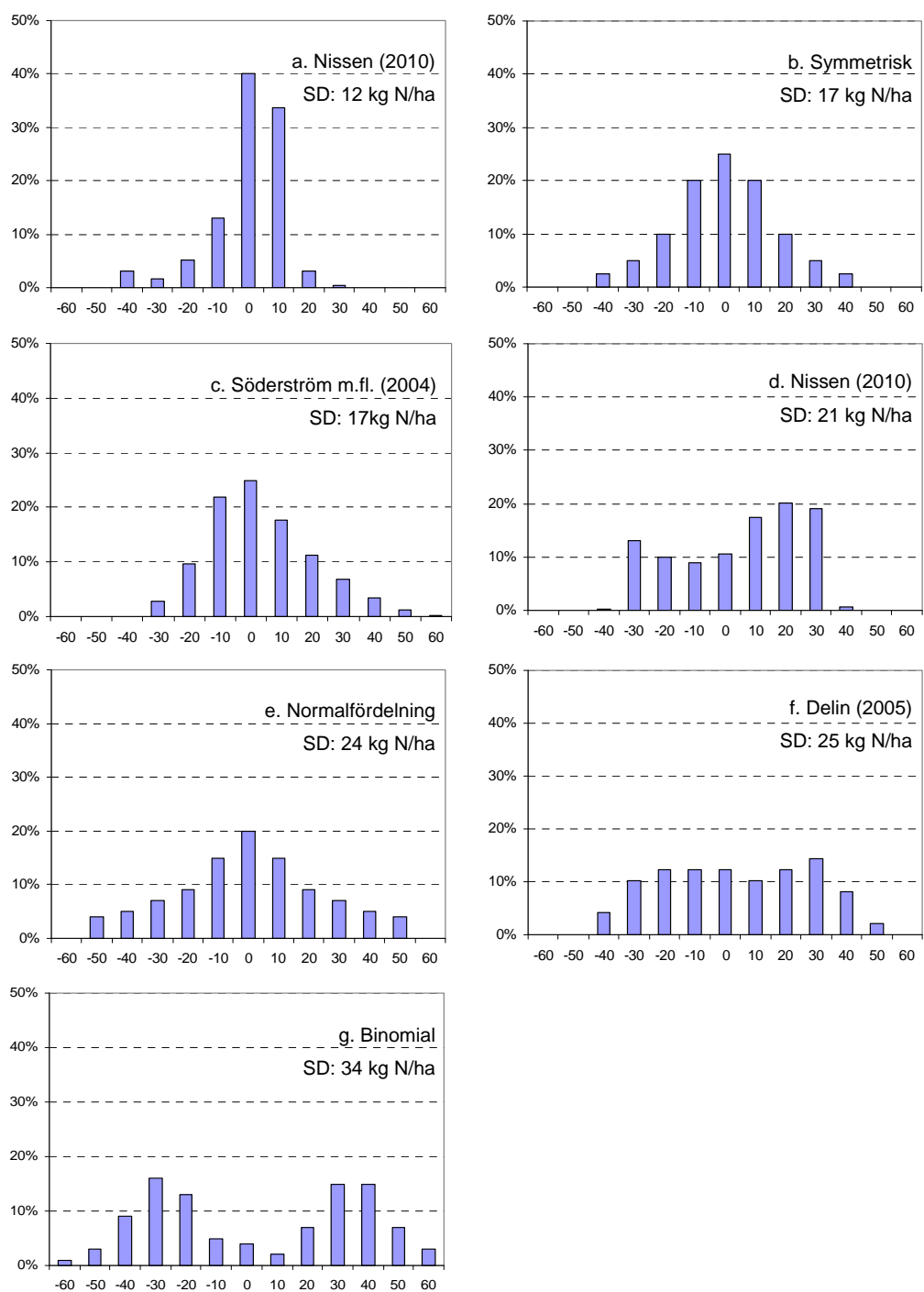


Figur 4. Utläkningskurvor vid optimal giva 100 kg N per ha – STANK in MINDs och den modifierade.

3.3 Variationer i exemplen

Graden av inomfältvariationen skiljer sig mycket mellan fält. För att undersöka hur mycket inomfältvariationen spelar roll för utlakningsskillnaden i dessa beräkningar användes några olika variationsfördelningar (figur 5).

Fördelning *a* och *d* är hämtade från två olika N-sensorkörningar på växtodlingsgårdar i Västergötland (Nissen, pers. medd. 2010). Även fördelning *c* kommer från N-sensorkörningar, men från Söderström m.fl. (2004) sammanställning av 135 olika körningar. Yara har i sina utlakningsberäkningar (Frostgård & Gustafsson, 2009) använt sig av en symmetrisk fördelning för växtodlingsgårdar, här fördelning *b*. Fördelning *e* är normalfördelad med standardavvikelsen för gödslingsbehovet på 24 kg N per ha som är i nivå med de variationer som finns dokumenterade på flera fält (Delin & Lindén 2002; Stenberg, 2002; Wetterlind, 2009). Försöksdata från år 2000 (Delin, 2005) ligger till grund för fördelning *f* och slutligen fördelning *g* är en påhittad fördelning för att se hur en relativt stor variation, vilken ligger inom intervallet för variation som setts i avsnitt 2.5, påverkar utlakningsskillnaden.



Figur 5. Fördelningar (% av ytan) över variation i kvävebehov med avvikelser från rekommenderad giva (kg N/ha) samt standardavvikelse för respektive fördelning.

4 Resultat

4.1 Utlakning i de olika fördelningarna

Hur stor utlakningsskillnaden blir beror på fördelningens variation och om den är förskjuten från medelvärdet åt något håll. Det styr hur mycket den ökade gödslingens utlakningsökning tar ut den minskade gödslingens utlakningsminskning i fördelningen.

Resultatet av utlakningsberäkningarna visas i tabell 4 där utlakningsskillnaden mellan homogen och platsspecifik gödsling kan ses, dvs. utlakningsvinsten vid platsspecifik gödsling. Den totala utlakningsskillnaden visas i relation till över- och under optimum för varje fördelning och lerhalt.

I de fördelningar som använts ger fördelning g högst total utlakningsvinst, 3,8 kg N per ha på lätt jord, då den har högst standardavvikelse. Fördelningen ger även den högsta utlakningsvinsten om den endast antas påverkas av överoptimala givor, 6,1 kg N per ha. För lerhalter $> 40\%$ så är utlakningsvinsten låg, endast 1,6 kg N per ha som högst i fördelning g .

Två fördelningar som inte riktigt följer mönstret att ju högre variation desto högre utlakningsskillnad, är b och e . Båda fördelningarna är symmetriska, till skillnad från de andra som är mer eller mindre förskjutna till höger från fördelningens medelvärde (se figur 5), vilket gör att b och e ger en relativt låg utlakningsskillnad. För de symmetriska fördelningarna är det endast skillnaden mellan under- och överoptimal gödsling i utlakningsmodellen som påverkar utlakningsskillnaden i fördelningen. Om utlakningsmodellen t.ex. var en linjär funktion så skulle utlakningsskillnaden bli noll för fördelning b och e , medan de andra fördelningarna skulle ha positiva värden då de är högerförskjutna.

Tabell 4. Matris över kväveutlakningsskillnaden (kg/ha) mellan homogen och platsspecifik gödsling för de olika lerhalterna och fördelningarna. Överopt. anger hur mycket utlakningen kan sänkas genom sänkt gödsling på fältdelar med lågt gödslingsbehov, underopt. anger hur mycket utlakningen istället kan öka på fältdelar med högt gödslingsbehov och totalt visar på den totala utlakningsvinsten

		< 5 % ler	5-15 % ler	15-25 % ler	25-40 % ler	>40 % ler
a. Nissen (2010)	Överopt.	1,2	1,2	1,1	0,7	0,5
SD: 12 kg N/ha	Underopt.	-0,7	-0,7	-0,6	-0,4	-0,3
	Totalt	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2
b. Symmetrisk	Överopt.	2,0	1,9	1,8	1,2	0,9
SD: 17 kg N/ha	Underopt.	-1,2	-1,1	-1,1	-0,7	-0,5
	Totalt	0,8	0,8	0,7	0,5	0,3
c. Söderström m.fl. (2004)	Överopt.	2,6	2,5	2,3	1,6	1,1
SD: 17 kg N/ha	Underopt.	-1,0	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4
	Totalt	1,7	1,6	1,4	1,0	0,7
d. Nissen (2010)	Överopt.	3,7	3,4	3,2	2,2	1,6
SD: 21 kg N/ha	Underopt.	-1,3	-1,3	-1,2	-0,8	-0,6
	Totalt	2,3	2,2	2,0	1,4	1,0
e. Normalfördelning	Överopt.	3,1	2,9	2,7	1,9	1,3
SD: 24 kg N/ha	Underopt.	-1,6	-1,5	-1,4	-0,9	-0,7
	Totalt	1,5	1,4	1,3	0,9	0,7
f. Delin (2005)	Överopt.	3,9	3,7	3,4	2,4	1,7
SD: 25 kg N/ha	Underopt.	-1,6	-1,4	-1,3	-0,9	-0,7
	Totalt	2,4	2,2	2,1	1,4	1,0
g. Binomial	Överopt.	6,1	5,7	5,3	3,6	2,6
SD: 34 kg N/ha	Underopt.	-2,3	-2,1	-2,0	-1,4	-1,0
	Totalt	3,8	3,5	3,3	2,3	1,6

4.2 Utlakning vid 10 kg N/ha högre homogen medelgiva

Om vi antar att den platsspecifika gödslingen också medför en minskad medelgiva på fältet, sänks utlakningen betydligt mer än om man bara omfördelar kvävet. Om den homogena kvävegivan är 10 kg N per ha för hög så minskar utlakningen betydligt med en platsspecifik gödsling, vilket kan ses i tabell 5.

Tabell 5. Matris över kväveutlakningsskillnaden (kg/ha) mellan 10 kg N/ha för hög homogen giva och optimal platsspecifik giva för de olika lerhalterna och fördelningarna

		< 5 % ler	5-15 % ler	15-25 % ler	25-40 % ler	>40 % ler
a. Nissen (2010)	Överopt.	3,6	3,3	3,1	2,1	1,5
SD: 12 kg N/ha	Underopt.	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1
	Totalt	3,2	3,0	2,8	1,9	1,4
b. Symmetrisk	Överopt.	4,1	3,8	3,5	2,4	1,8
SD: 17 kg N/ha	Underopt.	-0,5	-0,5	-0,5	-0,3	-0,2
	Totalt	3,5	3,3	3,1	2,1	1,5
c. Söderström m.fl. (2004)	Överopt.	4,9	4,5	4,2	2,9	2,1
SD: 17 kg N/ha	Underopt.	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1
	Totalt	4,6	4,3	4,0	2,7	2,0
d. Nissen (2010)	Överopt.	6,0	5,6	5,2	3,6	2,6
SD: 21 kg N/ha	Underopt.	-0,7	-0,7	-0,6	-0,4	-0,3
	Totalt	5,3	5,0	4,6	3,2	2,3
e. Normalfördelning	Överopt.	5,3	4,9	3,7	1,9	0,8
SD: 24 kg N/ha	Underopt.	-1,0	-0,9	-0,7	-0,3	-0,1
	Totalt	4,3	4,0	3,7	2,6	1,9
f. Delin (2005)	Överopt.	6,2	5,8	5,4	3,7	2,7
SD: 25 kg N/ha	Underopt.	-0,9	-0,8	-0,8	-0,5	-0,4
	Totalt	5,3	4,9	4,6	3,2	2,3
g. Binomial	Överopt.	8,5	7,9	7,4	5,1	3,7
SD: 34 kg N/ha	Underopt.	-1,6	-1,5	-1,4	-1,0	-0,7
	Totalt	6,8	6,4	5,9	4,1	3,0

För utlakningsskillnaden är det samma mönster som beskrivits ovan, beroende på fördelningarnas variation och om de är förskjutna i förhållande till medelgivan. För fördelning *g* ger det en utlakningsvinst på 6,8 kg N per ha.

Hur mycket en sänkning av den homogena medelgivan påverkar utlakningen kan räknas ut från tabell 4 och 5. Subtraheras värden i tabell 5 med motsvarande värde i tabell 4 fås utlakningsvinsten för enbart en sänkning från 10 kg N per ha för hög homogen giva till en optimal homogen giva. För t.ex. en mellanlera med fördelningen *f* så innebär det en utlakningsminskning med 1,8 kg N per ha. Om sedan även platsspecifik gödsling används blir det en ytterligare utlakningsminskning med 1,4 kg N per ha.

5 Diskussion

Hur stor utlakningsskillnad det blir mellan en homogen giva och en platsspecifik beror mycket på variationen och hur den förhåller sig till medelgivan. Detta spelar roll för hur den totala effekten av överoptimal och underoptimal giva blir.

Variationen inom fält skiljer sig mellan fält så det går inte att ge en generell variation. Därför är det viktigt att titta på det aktuella fältet och utvärdera dess variation och jordart för att kunna förutsäga hur mycket utlakningen kan minskas med platsspecifik gödsling. I mina beräkningar sattes därför olika scenarier upp för att kunna titta på hur utlakningen förhåller sig till variationen i en svensk medelsituation.

Generellt ger en hög variation större potential att minska utlakningen med platsspecifik gödsling, men standardavvikelsen som använts som mått på variationen här förklarar inte allt. Även hur och om fördelningen är förskjuten spelar in. En högerförskjutning ger mer vikt till den överoptimala givans påverkan på utlakningen, medan en vänsterförskjutning skulle ge mer vikt åt den underoptimala givans påverkan.

Hur mycket variation och förskjutning sedan påverkar utlakningen beror helt på utlakningskurvans utseende. Skillnaden mellan lutningen under och över optimum är det som spelar roll, eftersom det är den som visar sig i en summering av effekterna av ökad och minskad gödsling på olika fältdelar. Utlakningskurvan i STANK in MIND styrs av en utlakningsfaktor (K_f) och i mina beräkningar har grundvärdena för de olika lerhalterna använts för att visa på en medelsituation i Sverige. K_f -värdet kan skilja sig då det justeras för olika kommuners nederbörd och medeltemperatur och därför kan beräknade värden för en specifik kommun skilja sig från mina beräkningar. Kommuner med hög nederbörd och hög medeltemperatur kommer därför att ha en högre utlakningsvinst än vad som beräknats här och kommuner med en nedjustering av K_f -värdet får en mindre utlakningsvinst vid platsspecifik gödsling.

Om det ekonomiska optimumet varierar så kommer utlakningsvinsten att förändras. Det beror på att utlakningskurvans justering av K_f (tabell 2) för intervallet under optimum är i procent av optimum, vilket medför en skillnad i utlakningsvinsten vid olika optimala givor.

Visar det sig att Delins (opubl.) resultat för utlakningskurvans utseende är allmänt giltigt betyder det att utlakningen inte påverkas i samma grad av att underoptimala givor höjs, vinsten med platsspecifik gödsling blir då högre än vad som är beräknats i STANK in MIND.

Fördelningarna (figur 5) är indelade i intervall om 10 kg N per ha, vilket har en inverkan på noggrannheten i beräkningarna av utlakningsvinsten (tabell 4 och 5). Om medelvärdet för en fördelning ligger nära en klassgräns kan det ge en något missvisande snedfördelning som kan undvikas vid en högre upplösning. Men frågan är om en högre upplösning verkligen skulle tillföra något eftersom det är väldigt svårt att bestämma kvävebehovet med en högre noggrannhet. Dessutom är beräkningarna, gjorda för en medelsituation där utlakningsvinsten just är ett medelvärde som ger en fingervisning om vilken storleksordning utlakningsvinsten kan få och hur den skiljer sig mellan olika fördelningar och lerhalter.

I mina beräkningar, med ekonomiskt optimum 100 kg N per ha, ger fördelningarna för lätt jord en total utlakningsvinst mellan 0,5 och 3,8 kg N per ha och för leror över 40 % lerhalt blir utlakningsvinsten 0,2-1,6 kg N per ha. Det är inte så stora mängder per hektar, men om åtgärder kan genomföras på ett nationellt plan kan det resultera i stora utlakningsminskningar.

En jämförelse av resultat med Yara och Lantmännen, som räknat med en modifierad STANK in MIND utlakningskurva, visar vissa skillnader för fördelning *b*. De hade beräknat utlakningsvinsten på en växtodlingsgård på lera till 1 kg N per ha, vilket den totala utlakningsskillnaden för fördelning *b*, som de räknat med, aldrig kommer upp i ens för lätt jord. Skillnaden förklaras av att de har räknat med en något flackare kurva under optimum, vilket gör att det huvudsakligen är den överoptimala givan som påverkar. Jämförs deras beräknade värde med utlakningsskillnaden endast över optimum överensstämmer det bra med utlakningsskillnaden i lerhaltsklass 25-40 % ler (figur 3). För en djurgård på en mer varierad och lätt jord angavs utlakningsvinsten till 2 kg N/ha. Tre av mina fördelningar kommer upp i 2 kg N per ha eller mer i totalt utlakningsvinst. De har standardavvikelser på 21-34 kg N per ha, vilket är en mycket möjlig variation på en djurgård med tanke på bland annat historiskt tillförd stallgödsel.

Om medelkvävegivan är 10 kg N per ha för hög så ökar utlakningsskillnaden betydligt med i snitt 3 kg N per ha. De första 100 kg N till optimum gav en lik-

nande utlakningsskillnad som de sista 10 tillsatta kg. Det visar på att det finns en hög potential att minska utlakningen genom att bara hitta genomsnittligt optimum för den homogena givan, vilket också stöds av Frostgård & Gustafsson (2009). För att faktiskt hitta genomsnittligt optimum är den platsspecifika gödslingen en bra metod och den varierade gödslingen kan även sänka utlakningen ytterligare.

Utlakningsminskningen kan fås genom att få lantbrukarna att bli mer medvetna om hur variationen ser ut och hur de bättre kan anpassa sitt odlingssystem till den. Det är viktigt att lantbrukarna delar upp kvävegivan. Då kan de lättare ta hänsyn till variationen p.g.a. årsmånen vid en kompletteringsgiva och då lättare hitta rätt medelgiva för fältet. Det kan göras med hjälpmedel som till exempel skördekartor eller N-sensor, och med hjälp av dem anpassa givan eller i kombination med markkartering dela upp fältet i odlingszoner.

Det måste utvecklas fler enkla rationella metoder för att kunna ta hänsyn till fältvariationen då dagens lantbruk blir mer och mer rationellt. Lantbrukarna har inte råd att satsa tid på åtgärder som de inte kan se nyttan med. Idag finns det investeringsstöd att söka från Länsstyrelsen för att finansiera inköp av N-sensorn. Det sker med hänvisning till Sveriges åtagande i *Baltic Sea Action Plan*.

N-sensorn är i dag den mest använda tekniken för precisionsodling, då det är enkelt för lantbrukaren att se dess potential (Söderström m.fl. 2004). Men då krävs det att gården är tillräckligt stor, minst 200-300 hektar (Godwin, 2002; Frostgård, 2009) för att kunna räkna hem investeringen. Att det just krävs ganska stora arealer för investeringen och en inte tillräckligt hög driftssäkerhet anges som orsaker till att tekniken ännu inte används i så stor skala i Sverige (Olsson, 2008).

I *Baltic Sea Action Plan* uppskattas att den potentiella arealen, 400 000 ha, för användning av tekniken är vid spannmålsodling där kvävegivan delas. Om hälften av den arealen faktiskt gödslades platsspecifikt skulle det enligt Naturvårdsverket (2009b) ge en minskning av rotzonsutlakningen på 400-500 ton kväve från åkermarken, inklusive en förväntad minskning av genomsnittsgivan. Vid en jämförelse med här beräknade utlakningsskillnader, och med hänsyn till Sveriges jordartsfördelning (Naturvårdsverket, 2010), så blir utlakningsminskningen högre än vad Naturvårdsverket beräknat. Om de 200 000 ha kan antas ha fått en 10 kg N/ha för hög giva i medeltal kan mycket kväve sparas vid platsspecifik gödsling. Det ger en minskning med ca 700 ton N för fördelning *c* om den kan antas vara representativ för arealen på 200 000 ha, då den är en sammanställning av 135 olika N-sensorkörningar på växtodlingsgårdar. I fall en annan fördelning används som har en högre variation, som t.ex. fördelning *f*, så blir utlakningsminskningen ca 820 ton. Mina beräknade siffror är i båda fallen betydligt högre än naturvårdsverkets,

men skillnaden kan bland annat ligga i noggrannheten av beräkningarna, där min beräkning är ganska grov. Om medelgivornas storlek däremot inte förändras med platsspecifik gödsling blir utlakningsminskningen något mindre än naturvårdsverkets. Vilket den också bör vara då beräkningen bara tar hänsyn till utlakningsvinsten vid övergång från en optimal homogen giva till en optimal platsspecifik giva och inte tar med sänkningen av medelgivan som naturvårdsverket räknat med. För fördelning c blir utlakningsminskningen då ca 260 ton kväve och ca 370 ton kväve för fördelning f .

Ställt i relation till andra åtgärder, kan platsspecifik gödsling tyckas ha en ganska begränsad effekt på kväveläckage. Med en fånggröda som rajgräs kan kväveläckaget minskas betydligt mer. Studier i södra Sverige har visat att insådd av fånggröda i spannmål tillsammans med senarelagd höstplöjning kan reducera läckaget med 50-70 % där hälften till en tredjedel av minskningen beror på fånggrödans kväueupptag. På en lätt jord med hög nederbörd kan det betyda en minskning med 20 kg N per ha i utlakning (Aronsson, 2000). Däremot bär sig inte fånggrödan ekonomiskt om inget stöd betalas ut eftersom ingen skörd kan tas eller andra mervärden ger en inkomst. Även om fånggrödan kanske är mer effektiv mot utlakning så ökar den inte kväveeffektiviteten, vilket på lång sikt måste vara nödvändigt för att minska förlusterna. Därför är det inte relevant att ställa åtgärderna mot varandra utan att de snarare kompletterar varandra. Bara för att en fånggröda odlas kan man inte strunta i att gödsla rätt och bara för att man gödslar rätt kan man inte strunta i fånggrödan som mer påverkar grundutlakningen. Fördelen med platsspecifik gödsling är just att kostnaden för åtgärden betalar sig själv på grund av högre kväveeffektivitet (Larsolle & Hansson, 2008) som då ger en högre skörd eller minskad kväveanvändning med bibehållen skörd (Griepentrog & Kyhn, 2000).

Kontentan av det hela är att ökad kunskap om inomfältvariation tillsammans och med hjälp av platsspecifik gödsling är lönsamt för både lantbrukaren och miljön.

Litteraturlista

- Algerbo, P-A. Thylén, L. & Mattsson, L. 2000 Mineralkvävevariationer inom fält; Effekt på avkastning och produktkvalitet. JTI-rapport 275, 23s. JTI, Uppsala.
- Aronsson, H. 2000. Nitrogen turnover and leaching in cropping systems with ryegrass catch crops. *Agraria* 214, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Uppsala
- Aronsson, H. & Torstensson, G. 2004 Beräkning av olika odlingsåtgärders inverkan på kväveutlakningen: Beskrivning av ett pedagogiskt verktyg för beräkning av kväveutlakning från enskilda fält och gårdar. *Ekohydrologi* 78. Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.
- Bergström, L. & Brink, N. 1986. Effects of differentiated applications of fertilizer N on leaching losses and distribution of inorganic N in the soil. *Plant and Soil* 93, 333-345.
- Bongiovanni, R. & Lowenberg-Deboer, J. 2004. Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture*, 5, 359–387.
- Delin, S. 2005. Site-specific Nitrogen Fertilization Demand in Relation to Plant Available Soil Nitrogen and Water; Potential for Prediction based on soil characteristics. Doctoral thesis no. 2005:6. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Uppsala.
- Delin, S. & Eckersten, H. 2005. Simulated N-leaching under site specific compared to uniform N application. In: Book of abstracts 5 ECPA-2 ECPLF, Uppsala, p. 71-72.
- Delin, S., & Lindén, B. 2002. Relations Between Net Nitrogen Mineralization and Soil Characteristics Within an Arable Field. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*, 52, 78-85.
- Delgado, J. A., Follett, R. F., Buchleiter, G., Stuebe, A., Sparks, R. T., Dillon, M. A., Thompson, A. & Thompson, K. 2001. Use of geospatial information for N management and conservation of underground water quality. In: The Third International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry. 5–7 November 2001, Denver, Colorado, USA
- Delin, S. opublicerat. Utlakning vid olika gödslingsintensitet vid odling av stråsäd.
- Eckersten, H., Jansson, P.-E. & Johnsson, H. 1998. SOILN model, ver. 9.2, User's manual. Division of Hydrotechnics, Communications 98:6, Department of Soil Sciences, Swedish Agricultural University, Uppsala. 113 pp
- Ersahin, S. 2000. Assessment of spatial variability in nitrate leaching to reduce nitrogen fertilizers impact on water quality. In: *Agricultural Water Management*, 48 (3): 179-189.
- Frostgård, G. 2009. Behovsanpassad kvävegödsling minskar utlakningsrisken. *Växtpressen* 1. Yara AB.
- Frostgård, G. & Gustafsson, K. 2009. Skrivelse: Till Jordbruksverket, Växtnäringsenheten - Behovs- och platsanpassad kvävegödsling minskar kväveläckaget. Tillgänglig:

- <http://direkt.lantmannen.se/webit/bilddb/objektvisa.asp?idnr=5sRcIFAbKVnLlXqFhCAUga9fcEge0KCEauvo113G0BuFTRMRGUqDfN73Fbn> [2010-05-12].
- Griepentrog, H. W. & Kyhn, M. 2000. Strategies for site specific fertilization in a highly productive agricultural region. In: Robert, P.C., Rust R.H. and Larson W.E. (red) Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture. (ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, USA).
- Gruvåus, I. 2008. Kvävebehov i höstvet under olika odlingsförutsättningar. Försöksrapport 2007 för mellansvenska försökssamarbetet. Hushållningssällskapens multimedia.
- Hong, N., White, J.G., Weisz, R., Crozier, C.R., Gumpertz, M.L. & Cassel, D.K. 2006 Remote sensing-informed variable-rate nitrogen management of wheat and corn: Agronomic and groundwater outcomes. *Agronomy Journal*, 98, 327-338.
- Johnsson, H., Bergström, L., Jansson, P-E. & Paustian, K. 1987. Simulated nitrogen dynamics and losses in layered agricultural soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 18, 333-356.
- Jordbruksverket. 2009. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2010. Jordbruksinformation 13 – 2009. Jordbruksverket, Jönköping.
- Köhler, K., Duynisveld W. H. M. & Böttcher, J. 2006. Nitrogen fertilization and nitrate leaching into groundwater on arable sandy soils. *Journal of plant nutrition and soil science* 2006, 169, 185–195.
- Leiva, F. R., Morris, J. & Blackmore, B. S. 1997. Precision Farming Techniques for Sustainable Agriculture. In: Robert, P.C., Rust R.H. and Larson W.E. (red) Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture. (ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, USA).
- Khosla, R., Fleming, K., Delgado, J. A., Shaver, T. M. & Westfall, D. G. 2002. Use of site-specific management zones to improve nitrogen management for precision agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 57, 513-518.
- Lindgren, L. 1998. Fältmetoder för bedömning av behovet av tilläggsgödsling med kväve till höst- och vårvete. Institutionen för jordbruksvetenskap. Sveriges lantbruksuniversitet. Skara.
- Lord, I.E. (1992) Modelling nitrate leaching: nitrate sensitive areas. *Aspects of Applied Biology* 30, 19-28.
- Lundström C., Nissen, K. och Delin, S. 2000. Precisionsodling – teknik och möjligheter. Institutionen för jordbruksvetenskap, Skara. Precisionsodling i väst, tekniska rapport 5
- Mattson, L. 2006. Kväveintensitet i korn – avkastning och kväveupptag. Rapport 212. Institutionen för markvetenskap. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala
- Naturvårdsverket. 2010. Tillståndet i svensk åkermark och gröda; Data från 2001-2007. Rapport 6349, 131s. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket. 2009a. Miljömål; Ingen övergödning. [online] (2009-06-09) Tillgänglig: www.miljomal.nu/7-Ingen-overgodning/ [2010-04-28]
- Naturvårdsverket. 2009b. Sveriges åtagande i Baltic Sea Action Plan; Förslag till nationell åtgärdsplan. Rapport 5985, 282s. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Nissen, K. PrecisionsSupport, Lantmännen Lantbruk Odling. Personligt meddelande med data för flertalet N-sensor körningar från lantbrukare, per mail 15 april 2010.
- Nissen, K. n.d. Exempel på gårdskalkyler för Yara N-sensor. Precisionssupport Lantmännen. Tillgänglig: <http://www.agrovast.se/precision/index-filer/Page725.htm> [2010-06-01]
- Olsson, F. 2008. Attityder till implementering av precisionsodlingsteknik. Examens- och seminariearbete Nr 5. Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara.
- Precisionsodling Sverige. n.d. Ett nätverk och kompetensplattform inom Agroväst. Tillgänglig: <http://www.agrovast.se/precision/> [2010-05-21]
- Samborski, S.M., Trembley, N. & Fallon, E. 2009. Strategies to Make Use of Plant Sensors-Based Diagnostic Information for Nitrogen Recommendations. *Agronomy Journal*, 101, 800-816.

- Simmelsgaard, S.E. & Djurhuus, J. 1998. An empirical model for estimating nitrate leaching as affected by crop and the longterm N fertilazer rate. *Soil Use and Managment* 14, 37-43.
- Stenberg, B., Jonsson, A. & Börjesson, T. 2002. NIR-technology for rationale soil analysis with implications for precision agriculture. In: *Near Infrared Spectroscopy: Changing the World with NIR*. NIR Publications, Chichester, in press.
- Stenberg, M., Söderström, M., Gruvaeus, I., Bjurling, E., Gustafsson, K., Krijger, A-K., Stenberg, B., & Pettersson, C. G. 2009. Orsaker till skillnader mellan rekommenderade kvävegivor och de verkliga eller beräknat optimala i praktisk spannmålsodling – kan vi öka kväveeffektiviteten? Rapport nr 5/09, 58s. Hushållningssällskapet Skaraborg, Skara.
- Söderström, M., Nissen, K., Gustafsson K., Börjesson, T., Jonsson A. & L. Wijkmark. 2004. Swedish Farmers' Experiences of the Yara N-Sensor 1998-2003. In: the Proc. of the 7th International Conf. on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management, Minneapolis, USA.
- Wetterlind, J. 2009. Improved Farm Soil Mapping Using Near Infrared Reflection Spectroscopy. Doctoral thesis no. 2009:68. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Uppsala.
- Wetterlind J. 2010. Mätningar med Yara N-sensor för att skatta markens kvävelevererande förmåga. Rapport 4. Institutionen för mark och miljö, avdelningen för Precisionsodling och pedometri, SLU, Uppsala.
- Wetterlind, J., Jonsson, A. & Stenberg, B. 2007. Indelning av fält i mineraliseringszoner för varierad kvävegödsling. Rapport 10, Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara.

Acknowledgement

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Sofia Delin som väglett mig med skrivandet och kommit med nya infallsvinklar. Tack till Helena Aronsson som hjälpt mig att förstå hur STANK in MINDs utlakningsmodell fungerar och Knud Nissen som förklarat principen med Yara N-sensor. Tack till alla jag har fått god hjälp av och tips på litteratur från. Tack till min käre sambo som har stöttat mig, stått ut med min frånvaro, lagat mat åt mig och mina något enkelspåriga diskussioner vid köksbordet.